資料２－３

平成２７年２月１２日大気環境分科会資料

常陸那珂共同火力発電所１号機建設計画に係る

環境影響評価方法書

補 足 説 明 資 料

平成２７年２月

株式会社常陸那珂ジェネレーション

目　　次

１．ドップラーライダーについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

１．ドップラーライダーについて

１．ドップラーライダー使用の経緯

１．１　ドップラーライダーの概要

ドップラーライダーは、大気中のエアロゾルの動きをレーザー光で捉えることにより風向・風速を観測する機器であり、環境影響評価（清掃工場）、風力発電所の風況解析、気象に関する各種研究などで使用されています。

主な使用事例は以下のとおりです。

【環境影響評価（清掃工場）】

- 「（仮称）新南部工場施設整備に係る生活環境影響調査書」（福岡都市圏南部環境事業組合　平成 23 年）
- 「大津市北部クリーンセンター整備事業（建替え）に係る環境影響評価方法書」（大津市　平成 25 年）

【風力発電所の風況解析】

- 「福島復興・浮体式洋上ウィンドファーム実証研究事業」（福島洋上風力コンソーシアム、平成 24 年）
- 「浮体式洋上風力発電実証事業（長崎県五島列島）」（環境省、平成 23,24 年）
- 「NEDO における洋上風力発電実証研究（千葉県銚子沖）」（新エネルギー・産業技術総合開発機構、平成 25,26 年）
- 「NEDO における洋上風力発電実証研究（福岡県北九州市沖）」（新エネルギー・産業技術総合開発機構、平成 24,25,26 年）
- 「鹿島港大規模洋上風力発電所開発事業（茨城県鹿島）」（ウィンド・パワー・エナジー、平成 26 年）
- 「株式会社大林組・大森建設株式会社による風力等自然エネルギー技術研究開発（秋田県能代港）」（平成 26 年、大林組・大森建設）

【気象に関する各種研究】

- 「ドップラーライダーを用いた風速観測手法についての検討」（電力中央研究所、平成 21 年）
- 「ドップラーライダー観測データ品質管理手法の開発と性能評価」（気象庁高層気象台、平成 24 年）
- 「平成 20～24 年度成果報告書　風力等自然エネルギー技術研究開発　次世代風力発電技術研究開発　基礎・応用技術研究開発」（新エネルギー・産業技術総合開発機構、平成 25 年）
- 「都市近郊における大気境界層の観測―不安定時の乱流構造―」（京都大学、平成 26 年）
- 「欧州の風力発電試験サイトにおけるドップラーライダーの性能実証結果」（三菱

電機、平成 26 年）

- 「ドップラーライダーによる都市キャノピー内乱流の観測に向けて」（気象庁気象研究所　高層気象台、平成 26 年）

１．２　技術基準等への適合状況

発電所環境影響評価における気象観測については、「発電所に係る環境影響評価の手引」（平成 19 年 1 月改訂　経済産業省　原子力安全・保安院）に、「原則として、「気象業務法施行規則」（昭和 27 年運輸省令第 101 号）第 1 条の 2 又は第 1 条の 3 に基づく技術上の基準並びに「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（昭和 57 年、原子力安全委員会決定）に基づく方法とする」（p.187）と記載されています。

「気象業務法施行規則」第 1 条の 3（気象庁以外の者の行う観測の技術上の基準）に基づく技術上の基準については、表 1 に示すとおり基準を満たします。

表 1　「気象業務法施行規則」との整合

項目	「気象業務法施行規則」第 1 条の 3	ドップラーライダー （Leosphere 社製　Wind Cube™ V2）
風向	風向計を用い、又は目視により、十六方位又は八方位で測定する。	風向精度：1.5 度
風速	風速計を用いて、メートル毎秒で測定する。（最小位数：1 メートル毎秒）	風速精度：0.1m/s

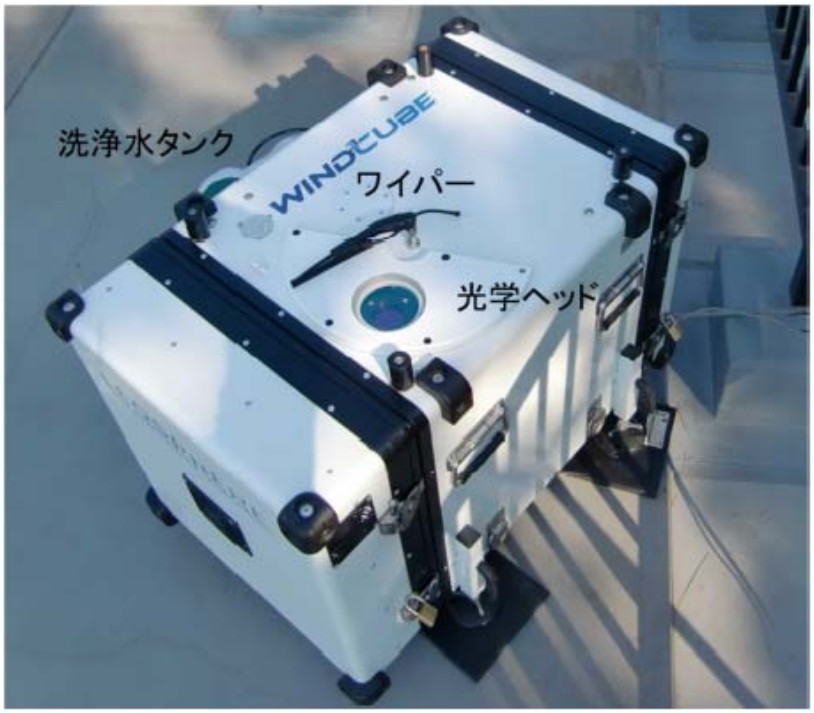
「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（以下「気象指針」という）については、ドップラーライダーは通常観測における気象測器として例示されていないものの、「本指針は、現在における知識と経験を基礎に実際的な利用を考慮して定めたものであり、今後の経験と新しい知見により有益な情報が得られた場合には、見直される性格のものである。また、本指針で定めた事項以外の方法を用いる場合があっても、十分な根拠があればその使用は認められるものである。」とあります。

この点について、日本原子力研究開発機構（以下「JAEA」という）により、常陸那珂火力発電所に隣接するサイクル工学研究所構内における 1 年間の通年観測（平成 24 年 2 月 1 日から 1 年間、観測概要は図 1、図 2、表 2 参照）に基づくドップラーライダーの長期実用性に関する調査（「ドップラーライダの長期実用性に関する調査―欠測率と風車型風向風速計データとの比較―」（日本原子力研究開発機構、平成 25 年）、以下「参考文献」という）が実施されています。

上記調査の結果、地上高 180m以下においては、「気象指針」で要求される欠測性能（年間欠測率 10%以下（表 3 参照）、連続 30 日間欠測率 30%以下（図 3 参照））を満たすことが確認されています。

また、地上高 68m における風車型風向風速計との比較観測結果における風向・風速の相関も良好であることが確認されています（風向の一致率（風向差±1 方位以内）：各方位 98.7～99.9%、全体 99.6%、風速の相関：全風向 R^2＝0.98、表 4、5 参照）。

上記のとおり、「気象業務法施行規則」第 1 条の 3 に基づく技術上の基準ならびに「気象指針」で要求される欠測性能を満たすことが確認されていることから、小型であるため専有面積が小さくて済み、騒音を出さず、また計測が周囲の騒音の影響を受けないなどといった利点のあるドップラーライダーを使用することとしました。



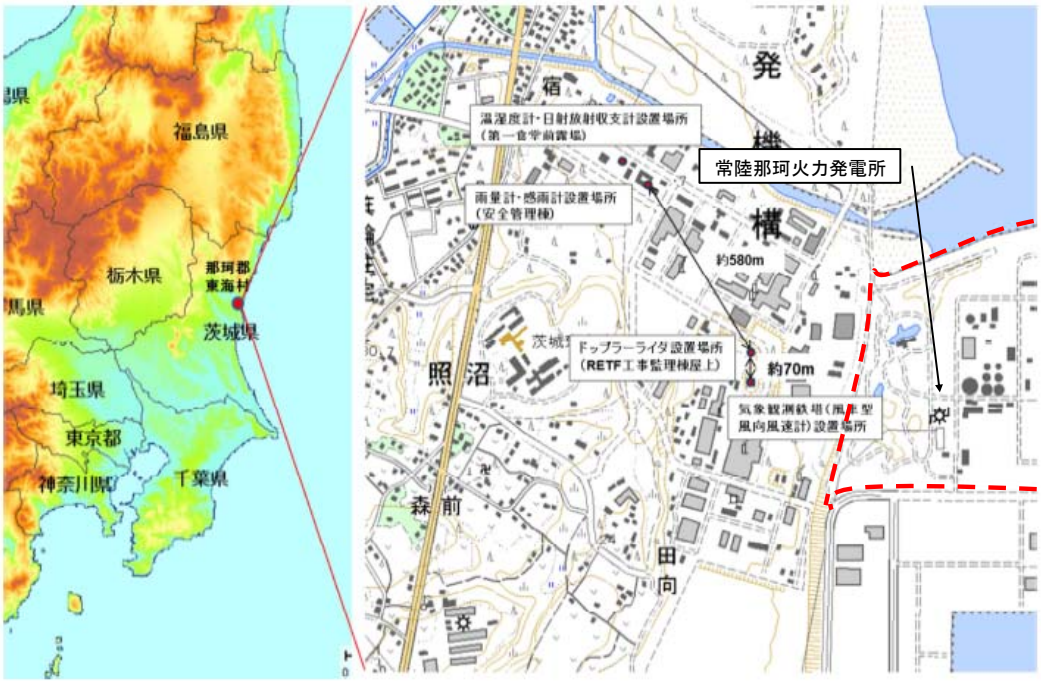
出典：参考文献

図 1　ドップラーライダー外観写真（Leosphere 社製　Windcube™ WLS7）

表 2　ドップラーライダーの性能と仕様（取扱説明書より抜粋）

性能	
計測地上高範囲	40～200 m(大気の状態に依存)
積分時間	0.5 秒
データ出力間隔	1 秒
計測高度数	10 高度
最短高度間隔	20 m
高度分解能	1m
円錐走査角	14～15 度または 27～28 度
風速範囲	0～60m/s(大気の状態に依存)
風速精度	0.2 m/s
水平風向範囲	0～360 度
水平風向精度	1.5 度
データ取得率	(計測地上高)150m 以下で 95%超
レーザ	
波長	1.54 μm
パルスエネルギー	10 μJ
目の安全性	IEC60825－1
環境	
温度範囲	温度制御装置付きで(表示温度)－15～40 ℃
使用環境湿度	IP65
雨滴保護	(洗浄液ポンプ付き)自動ワイパ
可搬性	可搬型(2 名)
寸法と重量	
寸法	WINDCUBE™本体: (遮光板非装着状態)900×550×H550 mm (遮光板装着状態) 940×740×H640 mm 空輸箱 : 1,070×770×H880 mm 電源装置 : 360×200×H150 mm
重量	WINDCUBE™本体: 60 kg (空輸箱含む場合: 130kg) 給電装置 : 4 kg 変圧器 : 2.2 kg
電源仕様	
電源	DC27V(AC100～240V 用電源装置および AC100V 用変圧器付き)
消費電力	温度制御装置付きで 375 W

出典：参考文献



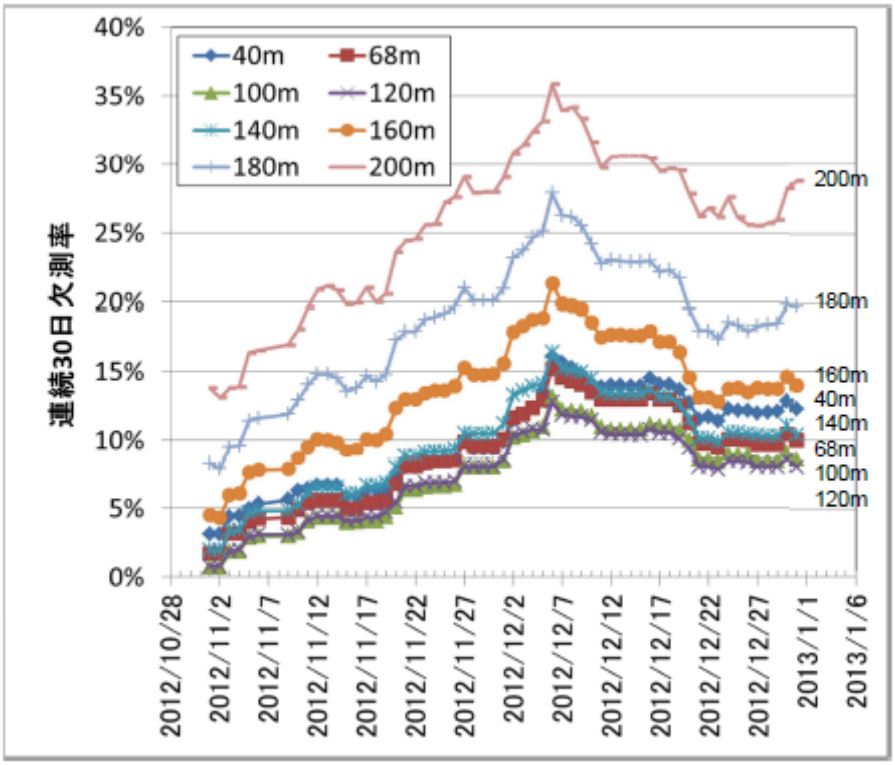
参考文献より作成

図 2　ドップラーライダー設置場所（地図出典：電子国土）

表 3　各地上高における欠測数と欠測率

年月	ﾃﾞｰﾀ数	40m	68m	100m	120m	140m	160m	180m	200m
H24.2	4,135	34	35	25	20	47	93	159	275
H24.3	4,463	34	18	13	27	42	67	107	174
H24.4	4,319	19	13	16	22	51	119	194	273
H24.5	4,464	5	0	23	54	89	137	212	310
H24.6	4,319	0	0	34	111	176	233	325	463
H24.7	4,455	0	0	14	60	148	240	352	486
H24.8	4,464	0	0	2	9	32	55	80	126
H24.9	4,319	0	0	11	17	39	78	158	330
H24.10	4,464	1	1	0	0	6	18	46	106
H24.11	3,885	131	71	29	34	82	188	338	544
H24.12	4,460	496	502	439	448	574	771	1,007	1,361
H25.1	4,463	462	365	298	270	357	507	752	1,137
合計	52,210	1,182	1,005	904	1,072	1,643	2,506	3,730	5,585
年間欠測率		2.3%	1.9%	1.7%	2.1%	3.1%	4.8%	7.1%	10.7%
月間最小欠測率		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	1.0%	2.4%
月間最大欠測率		11.1%	11.3%	9.8%	10.0%	12.9%	17.3%	22.6%	30.5%

出典：参考文献



出典：参考文献

図 3　連続 30 日欠測率の推移

表 4　ドップラーライダと気象観測鉄塔との風向相関表

		ドップラーライダ風向																	
		NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	Calm	全風向
気象観測鉄塔風向	NNE	5425	184	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	3	150	2	5772
	(%)	94.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.6	0.0	100.0
	NE	633	7407	371	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	8423
	(%)	7.5	87.9	4.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	ENE	2	178	2490	184	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2860
	(%)	0.1	6.2	87.1	6.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	100.0
	E	0	6	79	740	223	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	2	1056
	(%)	0.0	0.6	7.5	70.1	21.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	100.0
	ESE	0	1	9	28	800	509	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1350
	(%)	0.0	0.1	0.7	2.1	59.3	37.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	SE	0	0	2	5	23	1327	748	3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2111
	(%)	0.0	0.0	0.1	0.2	1.1	62.9	35.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	SSE	0	1	1	1	0	41	2591	355	3	0	0	0	1	0	0	0	1	2995
	(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	86.5	11.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	S	0	0	0	0	0	2	33	1808	421	6	1	1	0	0	0	0	2	2274
	(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.5	79.5	18.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	100.0
	SSW	0	0	0	0	0	1	3	43	1700	690	12	3	0	0	0	0	1	2453
	(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.8	69.3	28.1	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	SW	0	0	0	0	0	0	1	2	52	1338	532	13	1	0	0	0	1	1940
	(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	2.7	69.0	27.4	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	100.0
	WSW	0	0	1	0	1	0	0	1	2	147	1077	478	9	1	0	0	1	1718
	(%)	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	8.6	62.7	27.8	0.5	0.1	0.0	0.0	0.1	100.0
	W	0	0	0	0	0	0	0	1	1	7	203	1570	663	10	2	0	2	2459
	(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	8.3	63.8	27.0	0.4	0.1	0.0	0.1	100.0
	WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	277	2604	766	5	0	1	3658
	(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	7.6	71.2	20.9	0.1	0.0	0.0	100.0
	NW	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	299	5176	680	6	0	6166
	(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	83.9	11.0	0.1	0.0	100.0
	NNW	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4	207	3297	193	0	3704
	(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.6	89.0	5.2	0.0	100.0
	N	158	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	146	1745	0	2061
	(%)	7.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	7.1	84.7	0.0	100.0
	Calm	6	7	9	5	3	4	5	2	6	6	9	9	6	7	10	7	91	192

出典：参考文献

表 5　ドップラーライダと気象観測鉄塔との風速相関表

項目 / 風向	データ数	相関係数	回帰係数	
			a	b
NNE	5,770	0.98	−0.02	0.98
NE	8,420	0.98	−0.17	0.98
ENE	2,860	0.99	0.09	0.93
E	1,056	0.97	0.27	0.92
ESE	1,346	0.98	0.04	1.05
SE	2,107	0.96	0.01	1.04
SSE	2,992	0.96	0.17	0.97
S	2,261	0.99	−0.09	0.98
SSW	2,446	0.99	−0.15	1.01
SW	1,940	0.98	−0.08	1.00
WSW	1,718	0.98	−0.01	1.00
W	2,459	0.97	0.01	1.01
WNW	3,658	0.97	0.05	0.98
NW	6,166	0.94	0.10	0.98
NNW	3,704	0.94	0.19	0.99
N	2,061	0.95	−0.16	1.08
全風向	50,964	0.98	0.09	0.97
備考：・回帰係数　y=a+bx(x:鉄塔、y:ライダ)				
・風向の基準は鉄塔				

出典：参考文献

２．常陸那珂火力発電所におけるドップラーライダーによる上層気象観測結果

２．１　観測概要

常陸那珂火力発電所において、ドップラーライダー（Leosphere 社製　Windcube™ v2）を用いた上層気象観測を実施しました。概要は以下のとおりです。

a. 観測地点　対象事業実施区域内の 1 地点（図 7 参照）
b. 観測期間　平成 26 年 2 月 1 日から 1 年間の通年観測
c. 観測方法　ドップラーライダーによる風向及び風速の観測（観測高度：180m）
（図 6、表 6 参照）

図 6　ドップラーライダー外観写真（Leosphere 社製　Windcube™ v2）

表 6　ドップラーライダーの性能と仕様（Leosphere 社製　Windcube™ v2）

測定高度	40m ～ 200m
データ サンプリング時間	1秒
測定高度数	10
高度分解能	20m
風速測定範囲	0 ～ 60 m/s
風速精度	0.1 m/s
風向精度	1.5度
スキャニング角度	28度
使用環境温度	−30℃ ～ +45℃
耐水性	IP67
降雨対策	ワイパー機能付き
レーザーアイセーフ	Class 1M (IEC 60825-1)
電源	DC27V / AC100V 50 ～ 60Hz スイッチング電源付
消費電力	最大100W (−10℃～−30℃において)
寸法	543×552×540mm
重量	45 kg

カタログより抜粋

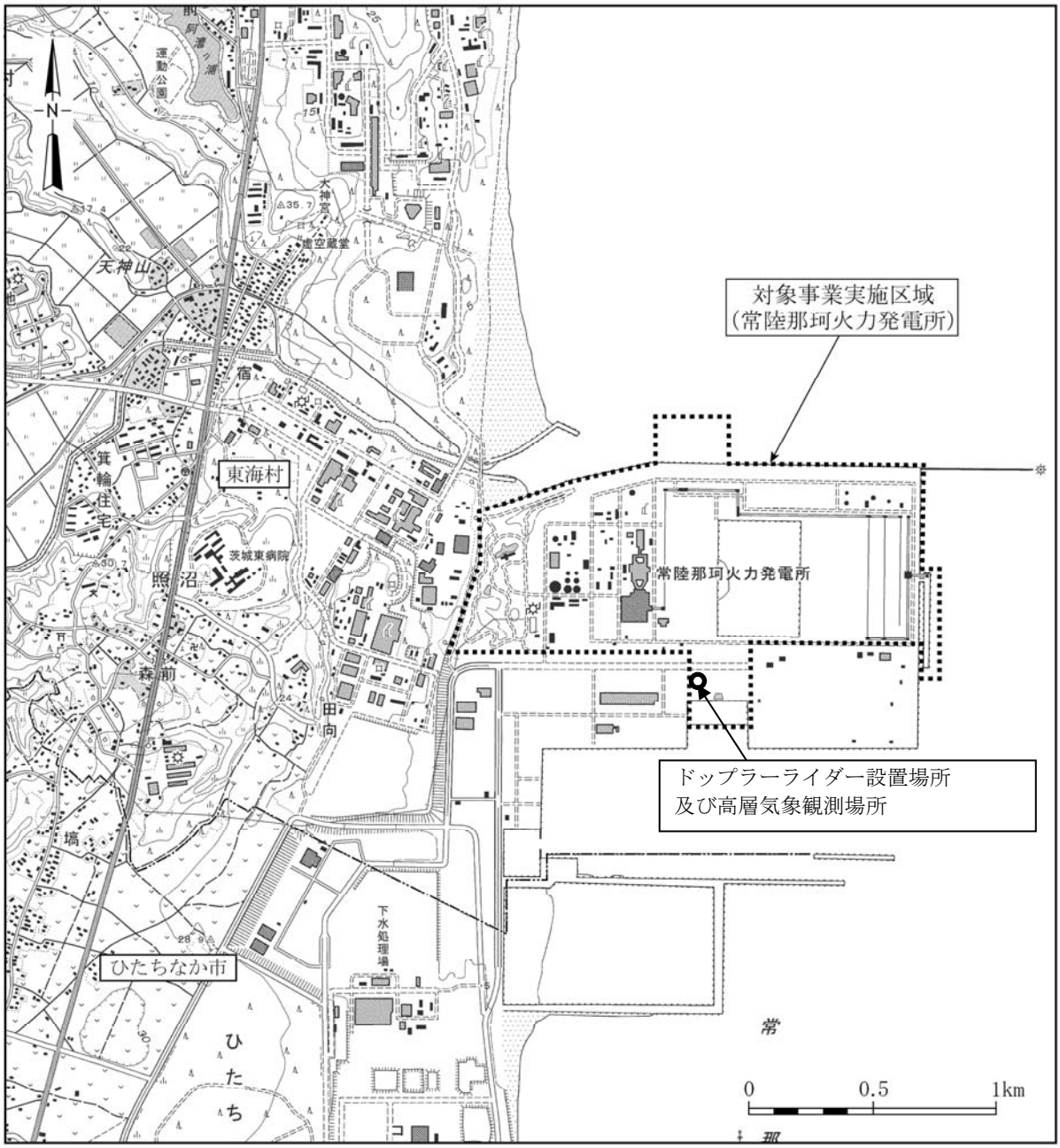


図 7　ドップラーライダー設置場所

２．２　観測結果

２．２．１　欠測率

欠測率は表 7、図 8 のとおりであり、「気象指針」で要求される欠測性能である、年間欠測率 10%以下ならびに連続 30 日欠測率 30%以下を満たしています。

表 7　年間欠測率、月間欠測率

日本原子力研究開発機構観測結果

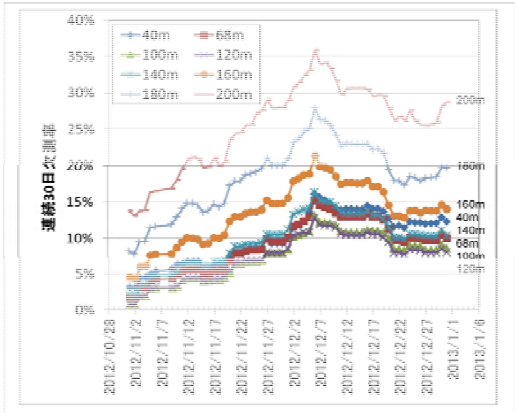
年月	40m	68m	100m	120m	140m	160m	180m	200m
H24.2	0.8%	0.8%	0.6%	0.5%	1.1%	2.2%	3.8%	6.7%
H24.3	0.8%	0.4%	0.3%	0.6%	0.9%	1.5%	2.4%	3.9%
H24.4	0.4%	0.3%	0.4%	0.5%	1.2%	2.8%	4.5%	6.3%
H24.5	0.1%	0.0%	0.5%	1.2%	2.0%	3.1%	4.7%	6.9%
H24.6	0.0%	0.0%	0.8%	2.6%	4.1%	5.4%	7.5%	10.7%
H24.7	0.0%	0.0%	0.3%	1.3%	3.3%	5.4%	7.9%	10.9%
H24.8	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.7%	1.2%	1.8%	2.8%
H24.9	0.0%	0.0%	0.3%	0.4%	0.9%	1.8%	3.7%	7.6%
H24.10	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	1.0%	2.4%
H24.11	3.4%	1.8%	0.7%	0.9%	2.1%	4.8%	8.7%	14.0%
H24.12	11.1%	11.3%	9.8%	10.0%	12.9%	17.3%	22.6%	30.5%
H25.1	10.4%	8.2%	6.7%	6.0%	8.0%	11.4%	16.8%	25.5%
年間欠測率	2.3%	1.9%	1.7%	2.1%	3.1%	4.8%	7.1%	10.7%
月間最小欠測率	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	1.0%	2.4%
月間最大欠測率	11.1%	11.3%	9.8%	10.0%	12.9%	17.3%	22.6%	30.5%

参考文献より作成

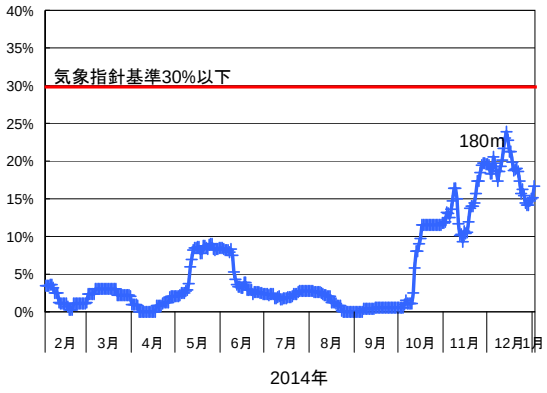
当社観測結果

年月	180m
H26.2	3.7%
H26.3	2.3%
H26.4	1.0%
H26.5	2.0%
H26.6	8.5%
H26.7	2.3%
H26.8	2.7%
H26.9	0.0%
H26.10	0.5%
H26.11	11.8%
H26.12	19.0%
H27.1	16.3%
年間欠測率	5.9%
月間最小欠測率	0.0%
月間最大欠測率	19.0%

日本原子力研究開発機構観測結果



当社観測結果



出典：参考文献

※月間欠測率が最も大きかった12月期を少しでも含む期間を対象に算出

図 8　連続 30 日欠測率

２．２．２　GPS ゾンデ（高層気象観測結果）との比較

（１）GPS ゾンデによる高層気象観測の概要

常陸那珂火力発電所において、以下のとおり GPS ゾンデを用いた高層気象観測を実施しました。

a. 観測地点　対象事業実施区域内の 1 地点（図 7 参照）

b. 観測期間　季節毎に 1 週間（1.5 時間間隔）の観測

春季　平成 26 年 4 月 18 日～4 月 24 日

夏季　平成 26 年 7 月 22 日～7 月 29 日

秋季　平成 26 年 10 月 3 日～10 月 10 日(10 月 6 日は天候不良のため観測中止)

冬季　平成 26 年 2 月 7 日～2 月 16 日(2 月 8,9,15 日は天候不良のため観測中止)

c. 観測方法　風向風速を GPS ゾンデにより、高度 1500m まで 1.5 時間毎に 1 日 16 回観測

（参考：ドップラーライダーは毎正時前 10 分平均値）

（２）ドップラーライダーと GPS ゾンデの観測結果の比較

ドップラーライダーによる観測結果（観測高度：180m）と GPS ゾンデによる観測結果（観測高度：150m 及び 200m）を用いて[1]、風向及び風速の相関を検討しました[2]（図 9、表 8、図 10 参照）。

風向の一致率は、全季節において 95.5%であり、高い一致率を示しています。

〇風向の一致率（風向差±1 方位以内）

・全季節：95.5%（GPS ゾンデ 150m、200m 共）

・四季別：91.7～99.1%（GPS ゾンデ 150m）、91.7～99.1%（GPS ゾンデ 200m）

また、風速の相関は、全季節において R^2＝0.93～0.94 であり、高い相関を示しています。

〇風速の相関

・全季節：R^2＝0.94（GPS ゾンデ 150m）、R^2＝0.93（GPS ゾンデ 200m）

・四季別：R^2＝0.89～0.95（GPS ゾンデ 150m）、R^2＝0.91～0.95（GPS ゾンデ 200m）

[1] GPS ゾンデでは高度 180m の観測を行っていないため、高度 150m 及び 200m の観測データとの比較を行いました。

[2] GPS ゾンデは 1.5 時間間隔で観測を行っていることから、〇時 30 分の GPS ゾンデ観測結果は、30 分後のドップラーライダー正時観測結果との比較を行いました。

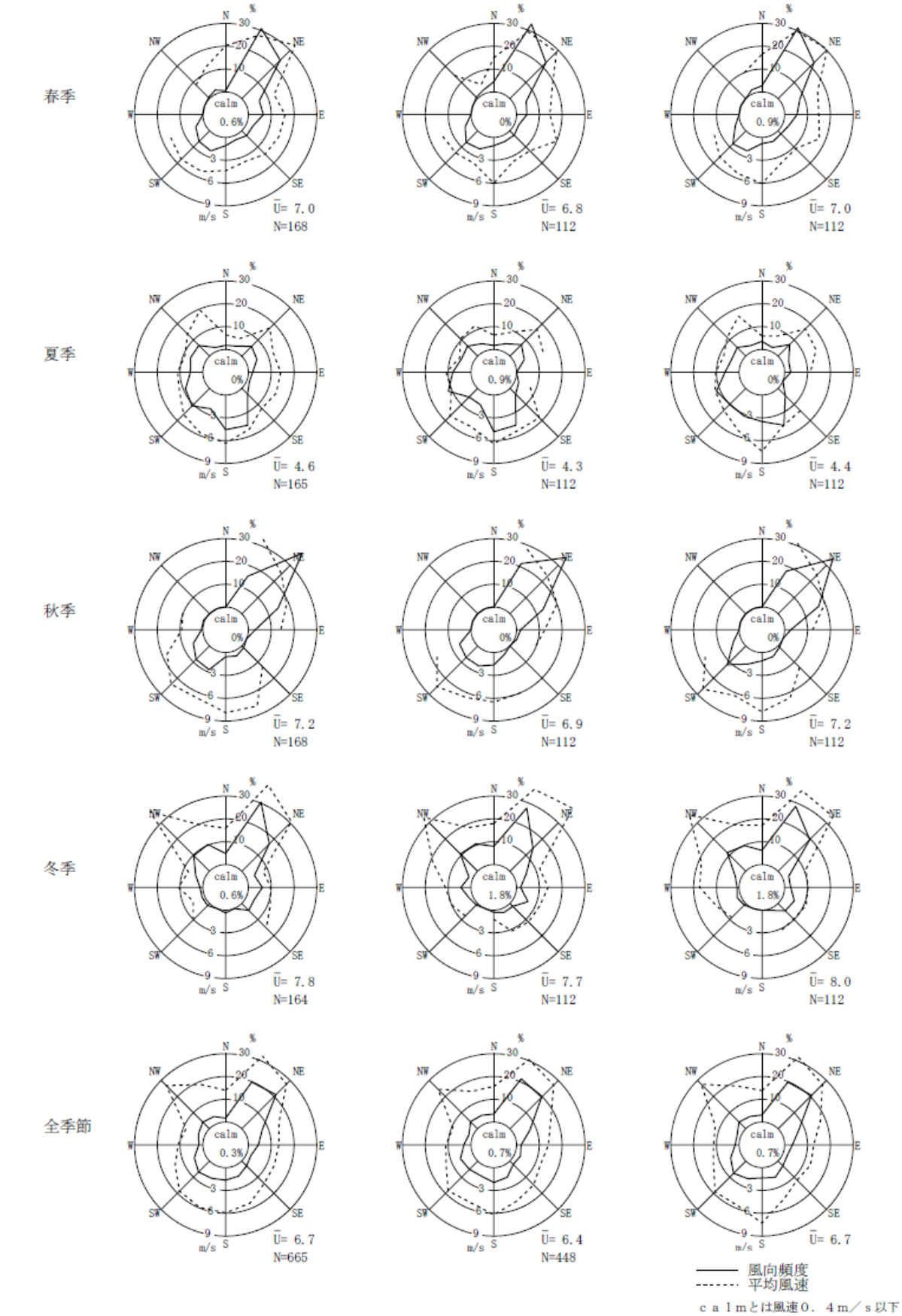


図 9　ドップラーライダーと GPS ゾンデとの風配図の比較

表 8（1）　ドップラーライダーと GPS ゾンデとの風向相関表（全季節）

GPSゾンデ風向（150m） ＼ ドップラーライダー風向（180m）	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM	全風向
N	3	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	16
NNE	0	69	23	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	96
NE	0	8	70	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
ENE	0	0	2	19	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
E	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
ESE	0	0	0	0	1	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
SE	0	0	0	0	0	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
SSE	0	0	0	0	0	0	3	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0	23
S	0	0	0	0	0	0	0	2	20	6	0	0	0	0	0	0	0	28
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	6	0	0	0	0	0	0	21
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16	2	0	0	0	0	0	23
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	17	1	2	0	0	0	26
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	1	0	0	11
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	0	0	8
NW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12	2	0	19
NNW	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	1	18
CALM	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3
全風向	6	88	97	30	19	9	15	21	24	26	28	20	10	15	17	16	1	442

風向の一致率(風向差±1方位以内)：　95.5%

GPSゾンデ風向（200m） ＼ ドップラーライダー風向（180m）	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM	全風向
N	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0	14
NNE	1	71	14	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	89
NE	0	10	77	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93
ENE	0	1	6	21	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
E	0	0	0	2	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
ESE	0	0	0	0	1	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
SE	0	0	0	0	0	1	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
SSE	0	0	0	0	0	0	2	17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	22
S	0	0	0	0	0	0	0	1	16	3	0	0	0	0	0	0	0	20
SSW	0	0	0	0	0	0	0	1	4	19	3	0	0	0	0	0	0	27
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	20	7	1	1	1	0	0	34
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	12	3	2	0	0	0	22
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	0	0	0	8
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	5
NW	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13	0	0	18
NNW	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	12	0	16
CALM	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3
全風向	6	88	97	30	19	9	15	21	24	26	28	20	10	15	17	16	1	442

風向の一致率(風向差±1方位以内)：　95.5%

表 8（2）　ドップラーライダーと GPS ゾンデとの風向相関表（春季）

春季

GPSゾンデ風向（150m） ＼ ドップラーライダー風向（180m）	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM	全風向
N	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5
NNE	0	27	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
NE	0	2	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
ENE	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
E	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
ESE	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SE	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
SSE	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
S	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	7
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0	8
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	4
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
NNW	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
CALM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
全風向	0	34	29	6	8	2	4	1	5	8	7	5	0	0	0	2	1	112

風向の一致率(風向差±1方位以内)：　96.4%

春季

GPSゾンデ風向（200m） ＼ ドップラーライダー風向（180m）	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM	全風向
N	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
NNE	0	28	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
NE	0	4	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
ENE	0	0	2	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
E	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
ESE	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
SE	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SSE	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
S	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	0	0	0	0	0	0	8
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	3	0	0	0	0	0	9
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
CALM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
全風向	0	34	29	6	8	2	4	1	5	8	7	5	0	0	0	2	1	112

風向の一致率(風向差±1方位以内)：　99.1%

表 8（3）　ドップラーライダーと GPS ゾンデとの風向相関表（夏季）

夏季

GPSゾンデ風向（150m） ＼ ドップラーライダー風向（180m）	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM	全風向
N	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
NNE	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
NE	0	0	5	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
ENE	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SE	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
SSE	0	0	0	0	0	0	0	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	16
S	0	0	0	0	0	0	0	1	14	2	0	0	0	0	0	0	0	17
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	6
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	6
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	8	0	1	0	0	0	13
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	8
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	6
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	1	0	7
NNW	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4
CALM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
全風向	1	4	7	4	2	1	4	18	16	7	11	9	8	8	6	3	0	109

風向の一致率(風向差±1方位以内)：　94.5%

夏季

GPSゾンデ風向（200m） ＼ ドップラーライダー風向（180m）	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM	全風向
N	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
NNE	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NE	0	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
ENE	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
E	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
SSE	0	0	0	0	0	0	0	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
S	0	0	0	0	0	0	0	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	13
SSW	0	0	0	0	0	0	0	1	3	7	1	0	0	0	0	0	0	12
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	1	1	1	0	0	11
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	2	1	0	0	0	13
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2	0	0	0	7
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	4
NW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	6
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
CALM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
全風向	1	4	7	4	2	1	4	18	16	7	11	9	8	8	6	3	0	109

風向の一致率(風向差±1方位以内)：　91.7%

表 8（4）　ドップラーライダーと GPS ゾンデとの風向相関表（秋季）

秋季

GPSゾンデ風向（150m） ＼ ドップラーライダー風向（180m）	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM	全風向
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	16	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	24
NE	0	3	31	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
ENE	0	0	1	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
E	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ESE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
S	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	6
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	8
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	8
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	7
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CALM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
全風向	0	19	39	17	4	0	2	2	2	11	8	6	1	1	0	0	0	112

風向の一致率(風向差±1方位以内)：　99.1%

秋季

GPSゾンデ風向（200m） ＼ ドップラーライダー風向（180m）	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM	全風向
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	20
NE	0	2	33	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
ENE	0	1	3	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
E	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SSE	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
S	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	7
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	3	0	0	0	0	0	13
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	4
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CALM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
全風向	0	19	39	17	4	0	2	2	2	11	8	6	1	1	0	0	0	112

風向の一致率(風向差±1方位以内)：　98.2%

表 8（5）　ドップラーライダーと GPS ゾンデとの風向相関表（冬季）

冬季

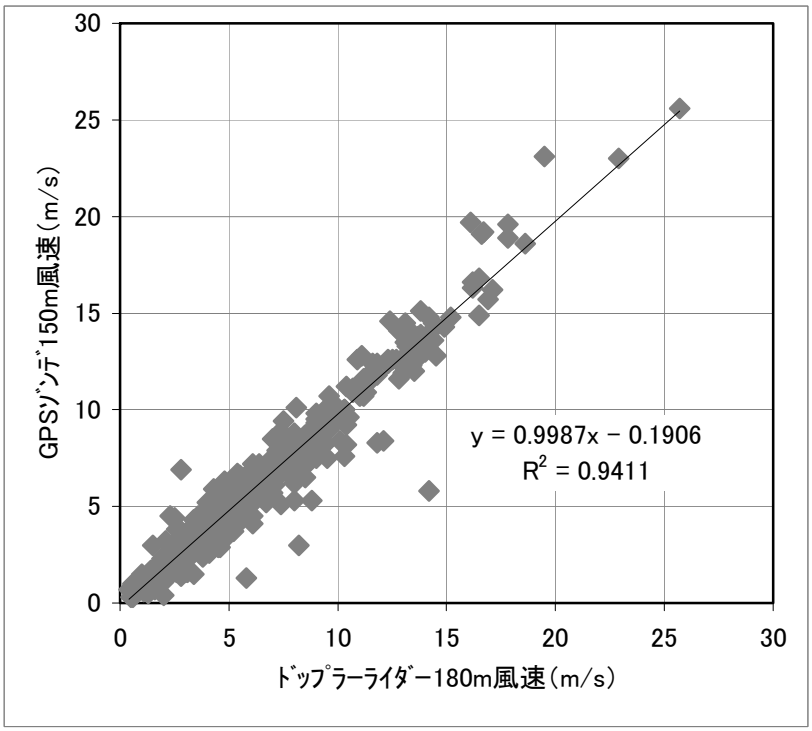
GPSゾンデ風向（150m） ＼ ドップラーライダー風向（180m）	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM	全風向
N	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
NNE	0	24	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	31
NE	0	3	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
ENE	0	0	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
E	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ESE	0	0	0	0	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
SE	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SSE	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
S	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
NW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	0	11
NNW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	12
CALM	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
全風向	5	31	22	3	5	6	5	0	1	0	2	0	1	6	11	11	0	109

風向の一致率(風向差±1方位以内)：　91.7%

冬季

GPSゾンデ風向（200m） ＼ ドップラーライダー風向（180m）	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM	全風向
N	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	7
NNE	1	27	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
NE	0	3	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
ENE	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
E	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
ESE	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
SE	0	0	0	0	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
SSE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
NW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	0	0	12
NNW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	8	0	11
CALM	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
全風向	5	31	22	3	5	6	5	0	1	0	2	0	1	6	11	11	0	109

風向の一致率(風向差±1方位以内)：　92.7%



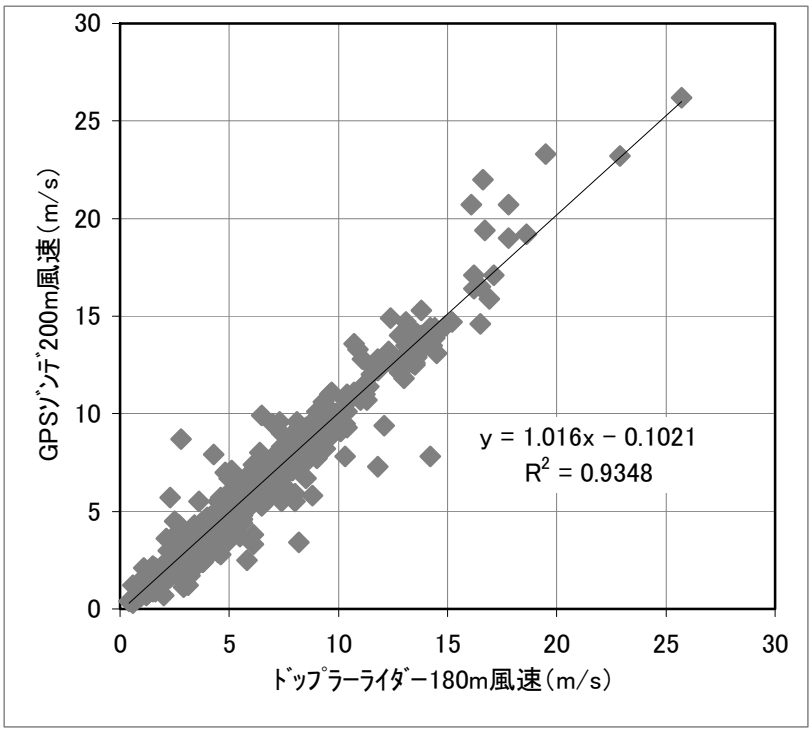
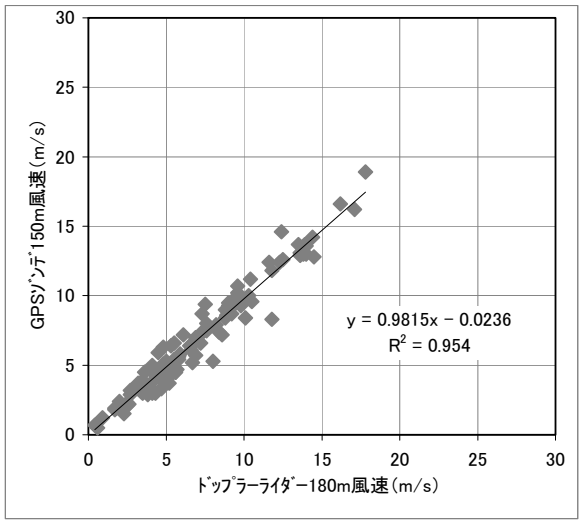
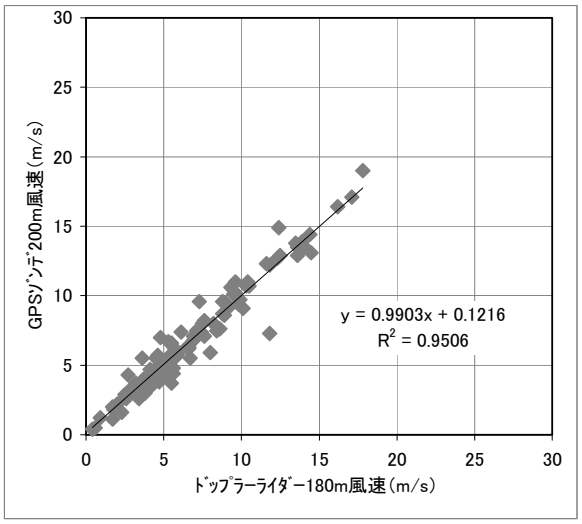


図 10（1）　ドップラーライダーと GPS ゾンデとの風速相関図(全季節)

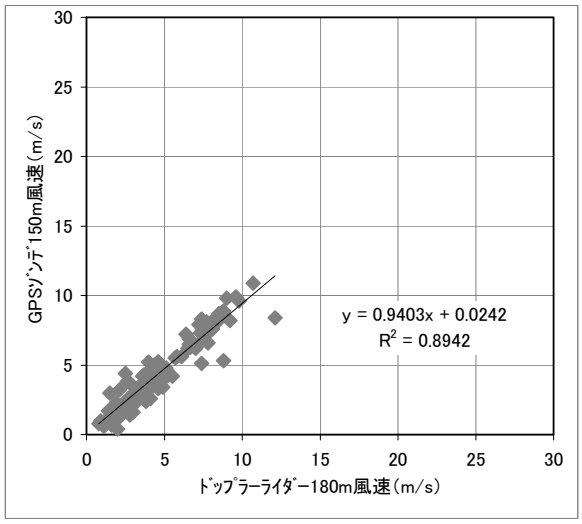
春季



春季



夏季



夏季

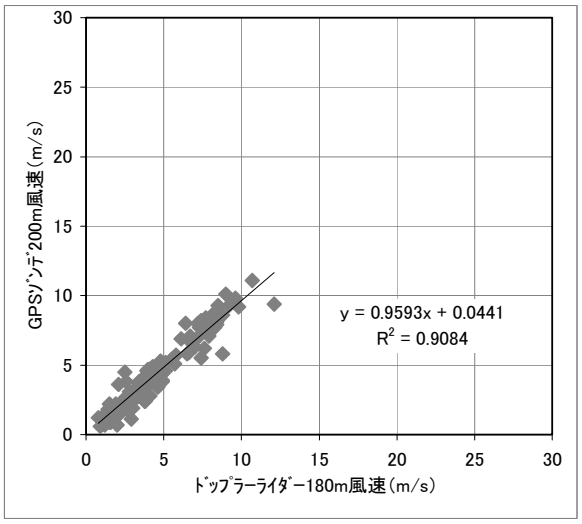
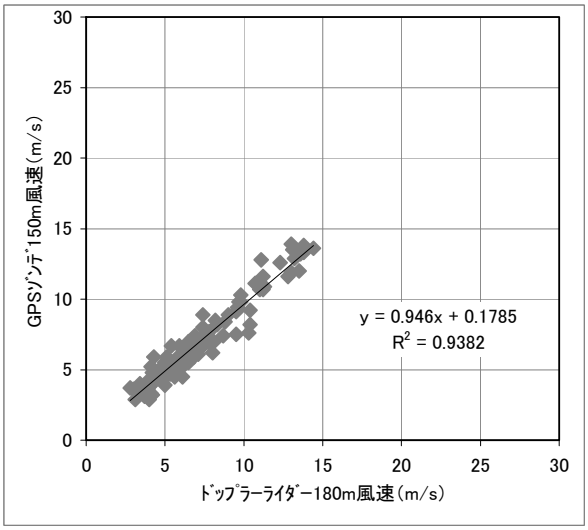
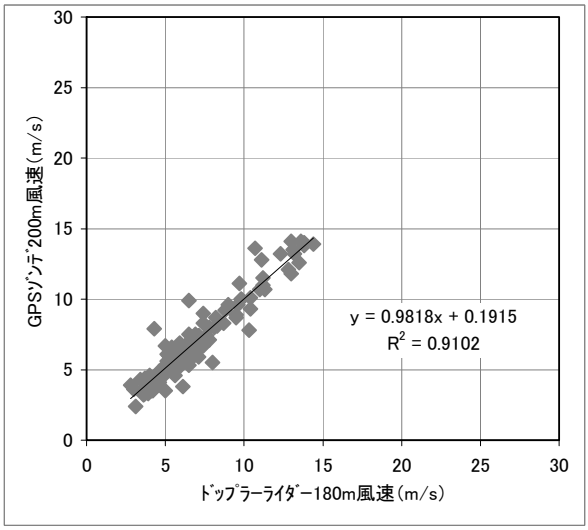


図 10（2）　ドップラーライダーと GPS ゾンデとの風速相関図(春季、夏季)

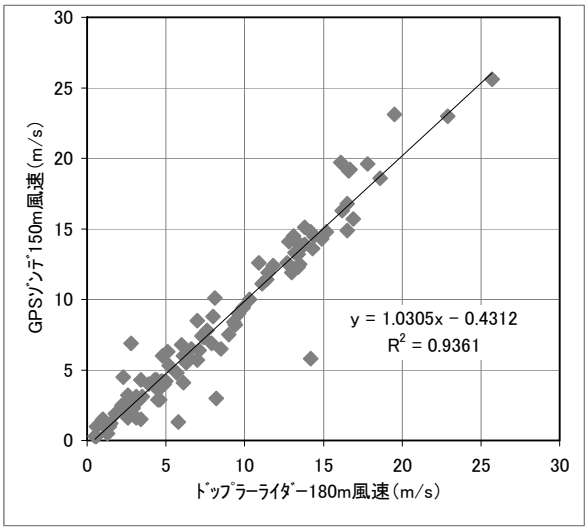
秋季



秋季



冬季



冬季

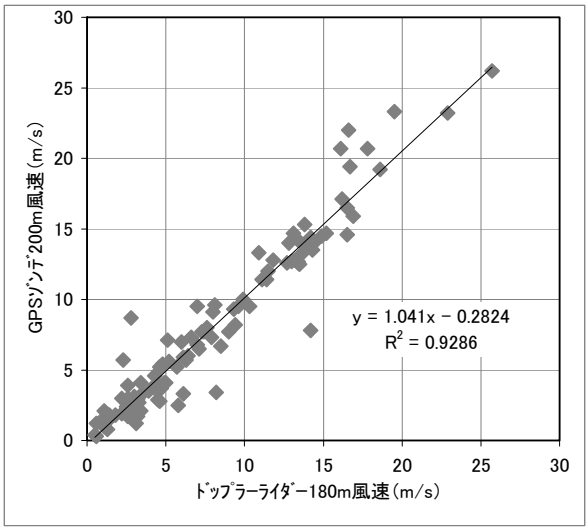


図 10（3）　ドップラーライダーと GPS ゾンデとの風速相関図(秋季、冬季)

（参考）ドップラーライダーについて

・原理

ドップラーライダーは、レーザー照射に反射する散乱光を測定することで、地上から上空の風向及び風速を計測する測器です。大気中のエアロゾルがある速度で移動しているとき、入射と反射された光の周波数がその移動速度に応じて異なるため、この周波数差からわかるエアロゾルの移動方向、移動速度を大気の風向、風速として計測します。

また、文献によると、風車型風向風速計（文献 1）、超音波風向風速計（文献 2）、ドップラーソーダ（文献 2）並びにＧＰＳゾンデ（文献 3）による測定結果と良い相関があることが確認されています。

・欠測

エアロゾルからの散乱光を利用するため、エアロゾルが少ない場合や霧や雲により光が散乱した場合は欠測になる可能性がありますが、JAEA の調査（文献 1）によると、1年間の通年測定の結果、降雨や荒天（大雨、大雪、雷、強風）に起因する欠測は特に観測されておりません。夏季の比較的高高度では濃霧、冬季は北西風及び絶対温度低下によるエアロゾルの不足が欠測原因となっている可能性が高いものの、地上高 180ｍ以下においては、「気象指針」で要求される欠測性能（年間欠測率 10%以下、連続 30 日間欠測率 30%以下）を満たすことが確認されています。

ドップラーライダーの仕様例

機器例	Leosphere 社製　Wind Cube V2
風速範囲	0～60m/s
風速精度	0.1m/s
風向範囲	0～360 度
風向精度	1.5 度
計測高度範囲	40～200m
寸法・重量	543×552×H540mm・45kg

文献

１．「ドップラーライダの長期実用性に関する調査―欠測率と風車型風向風速計データとの比較―」（日本原子力研究開発機構、平成 25 年）

２．「ドップラーライダを用いた風速観測手法についての検討」（電力中央研究所、平成 21 年）

３．「ドップラーライダー観測データ品質管理手法の開発と性能評価」（気象庁高層気象台、平成 24 年）